

KEZELŐSZOFTVER FEJLESZTÉSE AUTOMATIZÁLT TAKARMÁNYVIZSGÁLÓ ESZKÖZHÖZ

DEVELOPMENT OF MANAGEMENT SOFTWARE FOR AN AUTOMATED FEED ANALYZER

Kovács Tamás^{*0000-0003-3947-8696*}, Csizmás Edit⁰⁰⁰⁰⁻⁰⁰⁰³⁻⁴³⁹⁷⁻¹⁷⁵⁸, Kovács Lóránt⁰⁰⁰⁹⁻⁰⁰⁰⁵⁻¹³⁰⁴⁻⁴⁵⁰⁹

Informatika Tanszék, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Neumann János Egyetem, Magyarország
<https://doi.org/10.47833/2026.1.CSC.003>

Kulcsszavak:

eszközkezelő szoftver,
takarmány beltartalma,
IoT mérőeszköz,
NIR spektroszkóp

Keywords:

device management software,
composition of forage,
IoT measurement device,
NIR spectroscope

Cikk történet:

Received 2025. november 19.
Revised 2026. február 4.
Accepted 2026. április 16.

Összefoglalás

Tömegtakarmányok beltartalmi összetevőinek meghatározására kifejlesztett IoT mérőeszköz kezelőszoftverét mutatjuk be. A szoftver egyrészt kezeli a spektrumot mérő NIR spektroszkópot és kommunikál a mikrovezérlővel, másrészt az ember-gép közötti kommunikációt és az adatok elemzését, tárolását, webszolgáltatásra küldését végzi.

Abstract

The presented software is the control application for an IoT measurement device we have developed to determine the composition of forages. The software manages the NIR spectroscopy measuring the spectrum and communicates with the microcontroller; it also handles human-machine interaction, data analysis, storage, and transmission to a web service.

1. Bevezetés

A tudomány fejlődésével a precíziós gazdálkodás terjed az agráriumban is. A gazdasági, termelési eredmények növelése együtt jár a magasabb minőségű, biológiailag értékesebb élelmiszerek előállításának, az élelmiszerbiztonságának és a környezetterhelés csökkentésének igényével. Az intenzív körülmények között tartott, nagy genetikai képességű állatok termelési szintjeinek megfelelő táplálóanyagok kielégítése koncentráltabb receptúrákat és takarmányadagokat kíván meg a szakemberektől. A tejtermelés és a tej beltartalmi paramétereinek növeléséhez azonban ismernünk kell az adott állomány genetikai hátterét, illetve a telepen felhasznált tömegtakarmányok beltartalmi jellemzőit. A jellemzők helyszínen történő meghatározásához a mezőgazdaságban is egyre gyakrabban használt IoT eszközök nyújthatnak lehetőséget [2, 3, 12]. Az IoT eszközök alkalmazásának és biztonsági kérdéseinek általános áttekintéséhez lásd például Johanyák és Pásztor munkáját [9].

Az itt bemutatásra kerülő projekt az állattenyésztéshez kötődik. A precíziós tejelő szarvasmarhatartás és -takarmányozás kihívásaira nyújt megoldást, felgyorsítva és hatékonyabbá téve a telepi körülmények közötti elemző tevékenységet. Ezzel lehetővé téve a gazdasági haszonállatok „egye-di” gondozását, a problémák korai felismerését (pl. egy adott takarmányalapanyag nem megfelelő minőségének vagy az egyedek megbetegedésének korai detektálása) és a hatékonyság fokozását.

*Kapcsolattartó szerző. Tel.: +36 76 516 410
E-mail cím: kovacs.tamas@nje.hu

A projektünkben lévő fő innováció, hogy a tömegtakarmányok alapanyagainak vizsgálatára, a kész tömegtakarmányok minőségének meghatározására dolgoztunk ki IoT mérőeszközt és módszertant, melyet rendszeresen, nagy háttéradatbázissal frissítünk. A közeli infravörös (near infrared, NIR) spektroszkópia az infravörös fény és a minta molekulái közötti interakciót vizsgálja [4]. A NIR spektroszkópiás alkalmazások révén lehetőségünk lesz a minták beltartalmának igen pontos és gyors meghatározására, mintacsoportok azonosítására, vagy akár gyártási folyamatok in situ (at-line, in-line) ellenőrzésére. Mindezt a konvencionális kémiai és fizikai mérések költségének töredékéért, veszélyes anyagok használata és kibocsátása nélkül, gyakorlatilag idővesztés nélkül. A projektben az alapanyagok és a késztermékek (abráktakarmányok, tömegtakarmányok, keveréktakarmányok stb.) összetételének meghatározására dolgoztunk ki kézi NIR eszközökön alapuló takarmány beltartalom mérési, és takarmány-komplex optimalizációt végző szolgáltatást. A kialakított rendszer kézi NIR eszközökből, minta-előkészítő automatából és a mért értékeket feldolgozó informatikai alrendszerből áll. A végfelhasználók (pl. telepi menedzsment) kezében gyakorlati körülmények között is könnyen használható hordozható laboratóriumként és szakértői rendszerként szolgál. Az alkalmazás a szarvasmarha takarmányozás kihívásaira nyújt hatékony megoldást, hatékonyabbá téve a telepi körülmények között végzett tevékenységet.

Jelen cikkben a mérőeszköz kezelőszoftverének felépítését és működését fogjuk ismertetni.

2. Már létező megoldások

A mezőgazdaság számára alapvető fontosságú az állattenyésztésben és tejtermelési ágazatban alkalmazott takarmányok beltartalmi összetételének minél pontosabb ismerete, mivel ez a termelési eredményeket jelentősen befolyásolhatja. Az erre a célra kifejlesztett különféle analitikai eljárások között az egyik jelentős módszer a közeli infravörös spektroszkópia (Near Infrared Spectroscopy), röviden NIR spektroszkópia. Ez a módszer a takarmány reflexiós frekvencia-spektrumát vizsgálja a 900 nm - 1700 nm frekvenciatartományban. Ennek a spektrumnak a jellegzetes alakjából (maximumok, minimumok és inflexiós pontok) meghatározható a beltartalmi összetétel kielégítő pontossággal, feltéve, hogy a berendezésünk megfelelő pontosságú és megfelelően kalibrált.

A NIR spektroszkópia elvégzésére alapvetően kétféle módszer létezik jelenleg. Az egyik, az erre a célra kiépített és hitelesített laborok igénybevétele [11], ahol olyan asztali eszközök állnak rendelkezésre, mint például a NIRS DS2500-as analízátor (lásd a 1. ábrán).



1. ábra. Labor eszköz (Metrohm NIRS DS2500 Analyzer, [1])

Az ilyen laborvizsgálatoknak nagy előnye, hogy megfelelő pontosságú és megbízható adatokat szolgáltatnak. Másrészt a laborok jelentős hátránya, a magas költségek mellett a hosszú várakozási idő, amíg a takarmányminta eljut a laborba (ez akár több, mint száz kilométeres közúti szállítást is jelenthet). Ilyen feltételek mellett a termeléssel foglalkozó cégek igyekeznek minimálisra csökkenteni az elvégzett vizsgálatok számát, ami a módszer hatékonyságát is csökkenti.

A másik gyakran alkalmazott módszer a mobilis kézi mérőműszerek használata (lásd például a 2. ábrán).



2. ábra. Kézi eszköz (MicroPHAZIR PC Handheld NIR Spectrometer, [6])

Ezeknek a kézi eszközöknek nagy előnye a laborban használt eszközökkel szemben, hogy helyben használható, így a takarmányt közvetlenül felhasználó szervezet azonnal hozzájut az összetételi adatokhoz, ráadásul sokkal olcsóbban. Hátránya viszont, hogy a kisméretű és viszonylag olcsó kézi eszközbe épített NIR szenzor és a kiegészítő adatfeldolgozó elektronika pontossága és megbízhatósága messze elmarad a laboros mérésektől (lásd például [14] vagy [8]). A kézi eszköz pontatlanságnak más oka is van: a takarmány minta általában laza szerkezetű és nagyon inhomogén, így az egyes összetevők eltérő módon adnak jelet az egyes méréseknél. A laborban ez a probléma sok méréssel illetve homogenizációs eljárásokkal megoldható, de egy kézi eszköznél erre nincs lehetőség.

A Geomilk tejtermeléssel foglalkozó cég, a Vitafort takarmány gyártó és értékesítő vállalat és a Neumann János Egyetem által alkotott konzorcium pályázati projektben kitűzött feladata az volt, hogy előállítsanak egy olyan NIR spektroszkópián alapuló takarmányvizsgáló berendezést, amely egyesíti magában a fentebb leírt kétfajta mérőeszköz előnyeit, azaz egyrészt rendelkezik a mobilitás képességeivel, használható a termelőhelyen, másrészt megközelíti a laboros vizsgálatok pontosságát. Az új eszköz létrehozásának olyan fázisba kell majd eljutnia, hogy létrejöjjön egy robusztus, terepen és nagy igénybevétel esetén is használható prototípus. Ez a cikk az ehhez a prototípushoz fejlesztett kezelőszoftvert és annak egyedi megoldásait mutatja be, míg a prototípus egyéb alrendszerével csak utalás szintjén foglalkozik, hogy a kezelőszoftver funkciói érthetőek legyenek. A következő fejezetben a kifejlesztett prototípus és alrendszerének általános bemutatása kerül sorra. A 4. fejezetben a kezelőszoftver moduláris felépítését és az 5. fejezetben pedig a szoftver egyedi, a feladathoz szabott egyedi megoldásait mutatjuk be.

3. A mérőeszköz főbb részei

Mivel a mérőeszközt a takarmány felhasználásának helyszén kívánják használni, ezért olyan mérőeszköz fejlesztése volt a cél, amely megfelel az IoT eszközökkel szemben támasztott követelményeknek. Vagyis a beállítások elvégzése után emberi beavatkozás nélkül el tudja végezni a mérést és interneten keresztül az adatok tárolását is elvégzi.

A berendezés legfontosabb és egyben a legértékesebb eleme a NIR spektroszkóp. Nagyobb rendszerbe integrálható (beépíthető) és megfelelő pontosságú spektroszkópból csupán néhány található a NIR eszközök piacán. A jelen projekthez a Viavi cég MicroNIR 1700 eszközét használtuk [5]. Ezt az eszközt széles körben használják a különféle NIR vizsgálati kutatásokban (lásd például [7], [13] vagy [10]). Ez egy kisméretű masszív tokozáson belül magában foglalja a NIR fényforrást, a spektroszkóp optikai elemeit és a spektrum rögzítéséhez szükséges lokális elektronikát (lásd a 3. ábrán). Ennek az eszköznek a pontossága már elegendő ahhoz, hogy a projektben kitűzött, fentebb megfogalmazott célt elérjük.

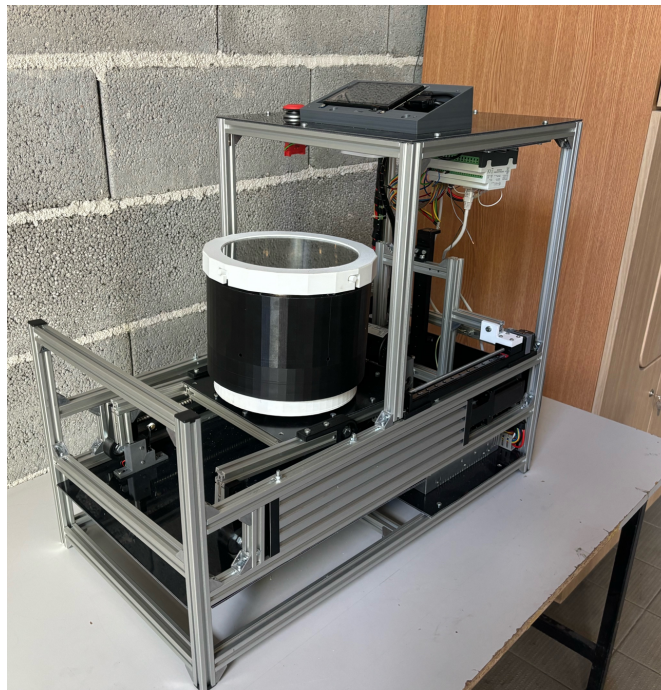


3. ábra. Az alkalmazott Viavi MicroNIR 1700 spektroszkóp [5]

A NIR spektroszkóp köré épül fel az automatizált mérőberendezés. Ennek a felépítménynek a feladata, hogy a mérés elvégzésén túl mindazokat a funkciókat ellássa, amelyek egy NIR laborban is megtörténnének. Ezek nagyjából a következők:

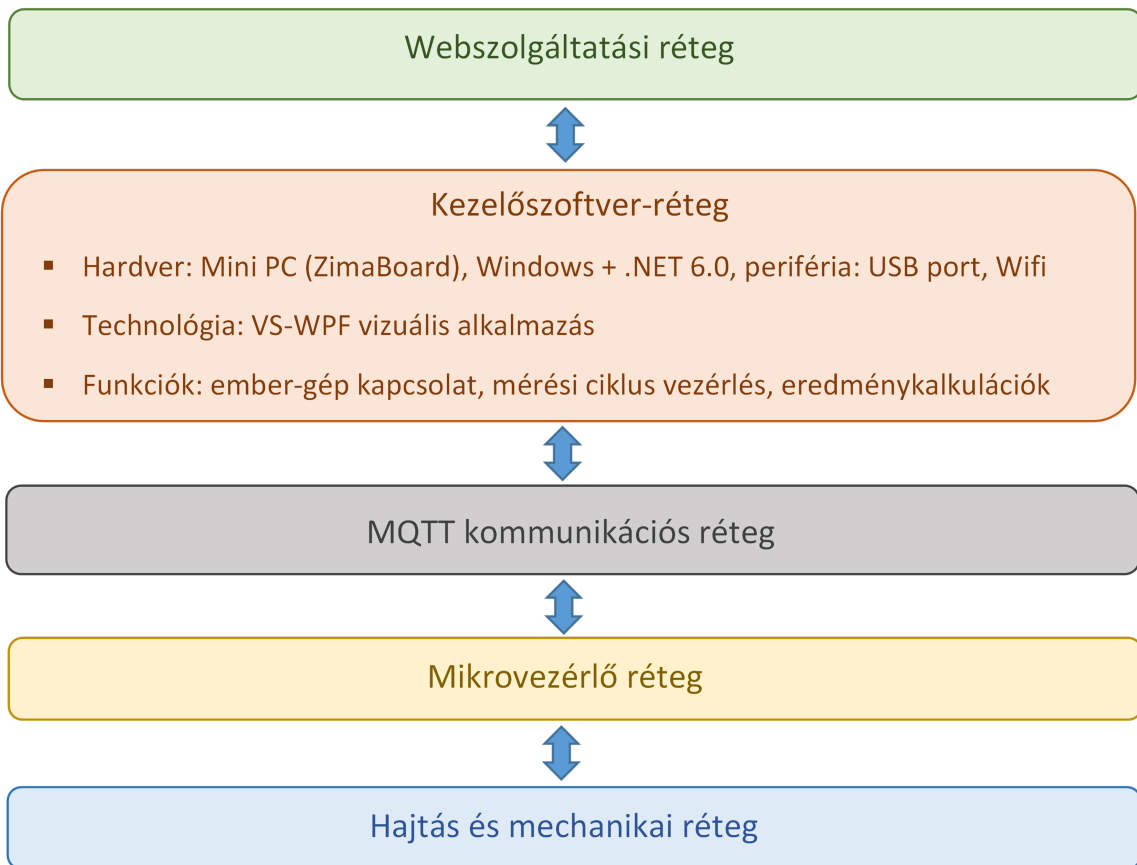
- a minta keverése
- megfelelő hőmérsékletre temperálása
- a mérési pontok egyenletes elosztása a mintán
- a mechanikai elemek (zárófedelek, mozgó elemek) ellenőrzése
- a mért spektrumok előfeldolgozása
- a takarmányösszetétel kiszámítása, az eredmények tárolása és webes adatbázisba küldése

A mechanikai, temperálási és az elosztott mérési funkciók megvalósításának az alapötlete az, hogy a mintát egy kb. 10 literes, hengeres mintatartó edénybe tesszük, amely forgatható, NIR optikai szempontból átlátszó fedővel van lezárva és az oldalfalán keresztül fűthető. A keveréshez a forgásban lévő henger tengelyét 45 fokban döntjük, méréshez pedig 90 fokban. Ezekről a mechanikai megoldásokról nem közlünk itt több részletet, mivel a cikk témája a kezelőszoftver megvalósítása. A berendezés ötödik prototípusa, amely már a felsorolt funkciókkal rendelkezik, a 4. ábrán látható. Ennek a prototípusnak még nincs védőburkolata és gurítható alváza, továbbá a kivitelezése még nem alkalmas az esetleges sorozatgyártásra.



4. ábra. A fejlesztés alatt álló berendezés (saját fotó)

A berendezésnek a mérést kiszolgáló alrendszerei logikai rétegekbe szervezhetők, ahol az egyes rétegek csak a szomszédos rétegekkel vannak kapcsolatban. Ezeket a rétegeket szemlélteti a 5. ábra.

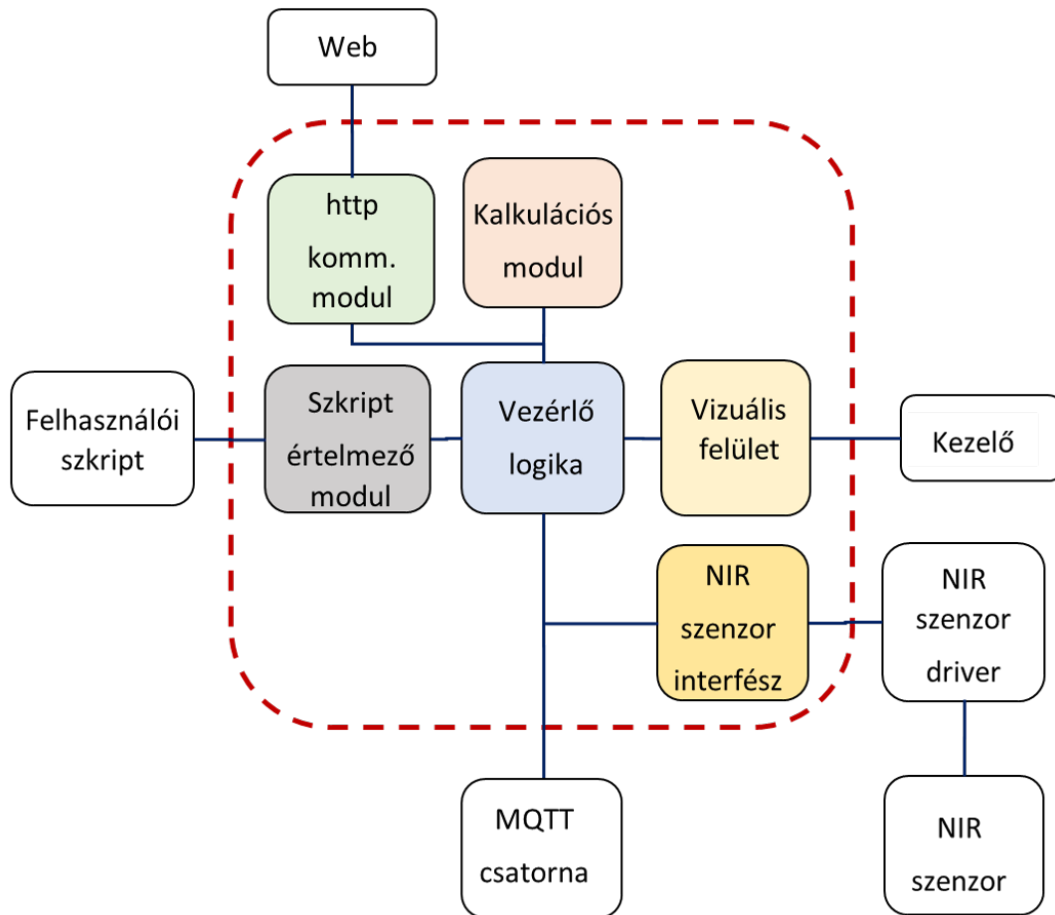


5. ábra. Az eszközben működő rétegek egymásra épülése

A legalsó réteg tartalmazza azokat a hajtás- és szenzorelemeket, amelyek a fentebb leírt programozott mintakeverést és temperálást teszik lehetővé. Ezt a réteget közvetlenül a felette elhelyezkedő mikrovezérlő réteg kontrollálja, aminek a fő eleme egy Controllino mikrovezérlő a rajta futó helyben fejlesztett programmal együtt. A mikrovezérlő réteg egy MQTT protokollon alapuló rétegen keresztül szöveges üzenetek formájában kommunikál a kezelőszoftver réteggel. Erről a rétegről lesz részletesebben szó a következő fejezetekben. A kezelőszoftver-réteg a számított eredményeket és a nyers mérési adatokat minden mérés után elküldi a webszolgáltatási rétegnek, amely az adatok felhőben való naplózott tárolásáért és az internetes elérhetőség biztosításáért felelős.

4. A kezelőszoftver implementációja és szerkezete

Mivel a NIR szenzor és a hozzá tartozó driver csak Windows operációs rendszer alatt használható, a kezelőszoftvert .NET 6.0 keretrendszerben a Visual Studio 2022-es fejlesztő eszköz segítségével készítettük el C# nyelven. A szoftver alapvetően moduláris szerkezetű, amit az objektum orientált technológia segítségével könnyű volt megvalósítani. Alapvetően hat modulra oszthatjuk a rendszert (ami nem azonos az objektumszerkezettel). Ezek a modulok és kapcsolódásuk egymáshoz a 6. ábrán láthatók.



6. ábra. A kezelőszoftver moduljainak szerkezete és kapcsolódása más rétegekhez

A központi vezérlő logikai modul kontrollálja a többi modul működését, összehangolja (szinkronizálja) a működésüket és gondoskodik a közöttük szükséges adatforgalomról.

A vizuális felület valósítja meg az ember-gép kapcsolatot, biztosítja az ergonomikus kezelést. Ezt a Visual Studio 2022 WPF vizuális fejlesztőkörnyezetével valósítottuk meg.

A NIR szenzor interfész modul azokból a függvényekből áll, amelyek segítségével elindíthatjuk a NIR eszközön a különféle mérési és kalibrációs eljárásokat, illetve kiolvashatjuk az előállított nyers spektrum adatokat vagy paraméter értékeket.

Az összetételszámítási (kalkulációs) modulban van kidolgozva az a matematikai eljárás, amely a nyers spektrum adatokat, azaz a különféle frekvenciákhoz tartozó elnyelési együtthatókat egy előfeldolgozási eljárásnak veti alá, majd a feldolgozott adatok alapján kiszámítja a takarmányminta összetételét.

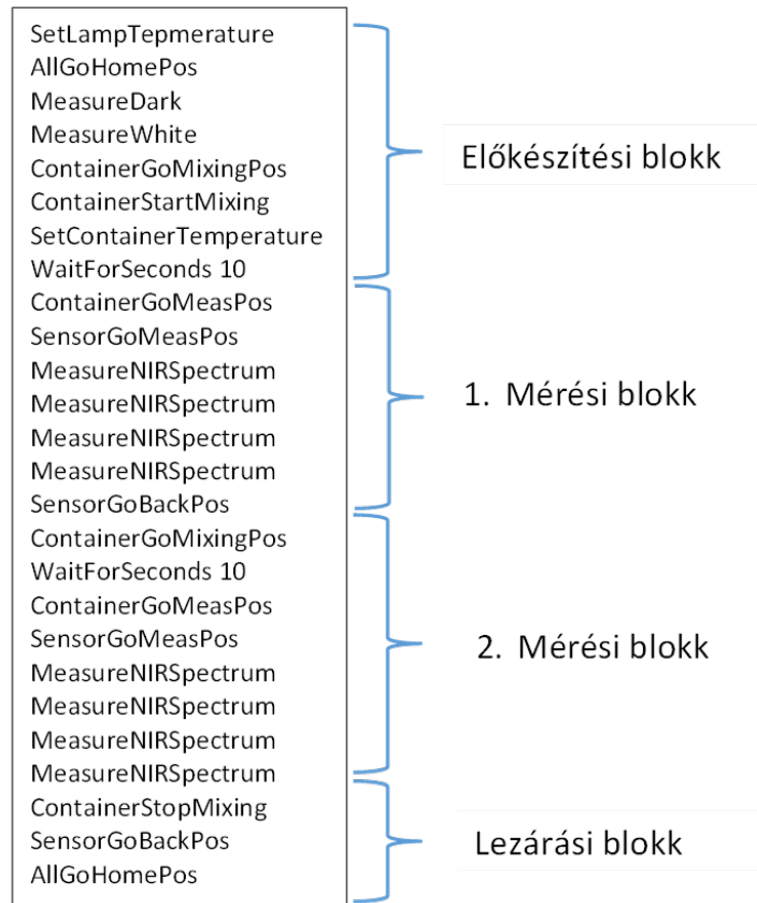
A https kommunikációs modul arra szolgál, hogy a kapcsolódó webszerver felé továbbíthassuk a tárolni kívánt adatokat. Az ismertetésre kerülő formában ez a nyers spektrumadatokból és a meghatározott takarmányösszetételből áll, időbélyeggel és egyéb fejléc információkkal ellátva.

A mérési szkript értelmező modul feladata kiemelt fontosságú ebben a rendszerben. Egy adott mérési eljárásban sok olyan paraméter van, amit meg kell adnunk a mérés elején. Ilyen paraméterek például a következők:

- hány mérést végzünk egy adott mintán
- a mérési sorozatok közt hányszor keverjük meg a mintát
- milyen hosszban tartson egy-egy keverés
- milyen hőmérsékleti tartományok közt tartsuk a mintát temperálásakor
- milyen hőmérsékleti tartományok közt tartsuk a szenzor lámpáját

Mivel a paraméterek száma meglehetősen sok és egymással is összefüggnek, (például a keve-

rési idő összefügg a temperálási eljárás időzítésével), azt a rendszert vezettük be, hogy egy adott mérés lefolyását egy szkript-fájlban definiáljuk, amely egysoros parancsokat tartalmaz. Ezek a parancsok állítják be a számszerű paramétereket, elindítják az egyes mérési aktusokat, vagy egy adott mozdulatsort váltanak ki a berendezés mechanikáján. A parancsok sorrendje, azaz a szkript lehet olyan, hogy a mérési eljárás nem lesz megfelelő, de semmiképp sem okozhatnak kárt a berendezésben. Ennek a szkript fájlnak a beolvasása és a parancsok végrehajtásának megfelelően ütemezett elindítása a feladata a szkript értelmező modulnak. Ennek a rendszernek a segítségével a mérési ciklus konkrét lefolyása nincs belekódolva a kezelőszoftverbe, hanem a mérést megtervező szakember által szabadon variálható a szkript-fájl átírásával. Egy 8 mérést tartalmazó mérési ciklust levezénylő szkriptre láthatunk példát a 7. ábrán.



7. ábra. Mérési szkript példa

5. Feladatok és programszálak szervezése

5.1. A mérési ciklus menete

A rendszerbe integrált személyi számítógépen futó vezérlő szoftver normál mérési ciklusa két fő programszálon fut: a fő programszál, amely az applikáció indításakor elindul és a mérési ciklust vezérlő mellékprogramszál. A fő programszál felelős a működéshez szükséges alrendszerek inicializálásáért illetve kezdeti teszteléséért. Ide tartoznak a következő alrendszerek:

- A NIR mérőszenzor és a mintát megvilágító lámpa; ezek csatlakoztatását és kompatibilitását az induláskor a NIR egységhez kapott driver megfelelő függvényének hívásával lehet lekérdezni. A kapott válaszban szerepel a mérőegység gyári száma, amit a szoftver eltárol és a mérési fájlokban szerepeltet. Ezzel együtt ez az adat a kijelzőn is szerepel.

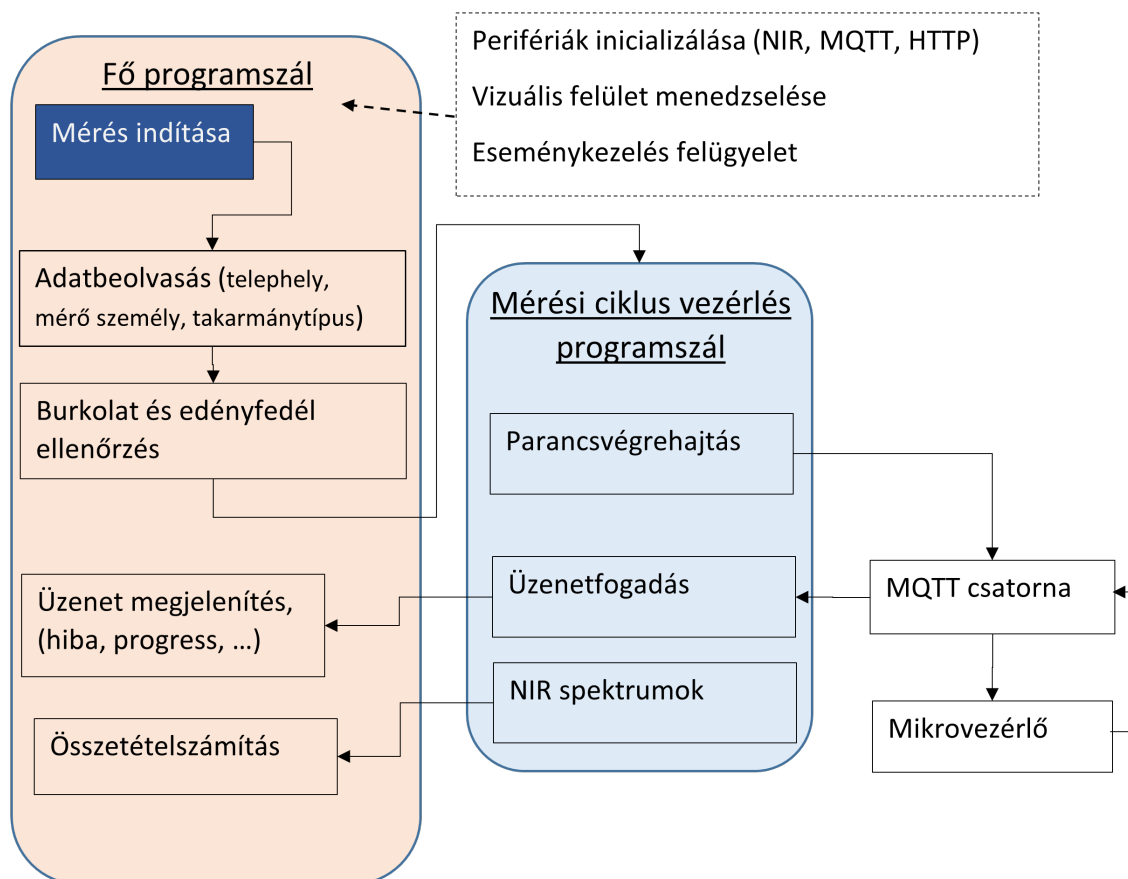
- Az MQTT kommunikációs alrendszer: ez a rendszer az ugyanezen a személyi számítógépen futó MQTT szerverből, továbbá a vezérlő szoftver és a szerver közötti kommunikációs protokollt megvalósító interfész függvénycsomagból áll. Az MQTT szerverhez való kapcsolódás és a kommunikációs rendszer tesztje akkor indul el, amikor a felhasználó a „mérés indítása” funkciót elindítja.

- A https kommunikációs alrendszer: ez a rendszer közvetlenül a vezérlő szoftver megfelelő függvényeibe van integrálva, mivel ilyen eszközökkel a .NET keretrendszer közvetlenül rendelkezik. Ez a kapcsolat akkor kerül inicializálásra, amikor a mérési ciklus végén elkészül a mérési eredményeket tároló fájl és az átlagolt mérési spektrumot tartalmazó fájl. A két fájl elküldésre kerül a https csatornán, majd a szervertől kapott válasz fogadása után a kapcsolat bezárásra kerül.

- A vizuális kezelőfelület biztosítására szükséges WPF (Windows Presentation Foundation) alrendszer. Ez az alrendszer az applikáció indulásakor automatikusan, azonnal elindul.

- A hibakezelő rendszerek és a rendszeres ellenőrzést biztosító időzítőkből álló rendszer: az ezekhez szükséges objektumok az applikációt indító főfüggvényben inicializálásra kerülnek.

A kezelő indítja a mérési ciklust a „Mérés indítása” GUI Button elemre kattintással. Ennek az elemnek az eseménykezelője indítja el a ciklus folyamatait és állítja a rendszer állapotváltozóit. A 8. ábrán a mérési ciklus menete látható. A Fő programszál a mérési ciklus során a következőket hajtja végre:



8. ábra. A mérési ciklus menete

1. Elsőnek az MQTT rendszerhez való csatlakozást indítja, majd a kapcsolatot ellenőrzi, hiba esetén kivételt dob és a ciklusból kilép.

2. Ezután egy újabb ablakpanelen bekéri a mérés körülményeit megadó adatokat: a mérés telephelye, a mérést végző személy, a minta kategóriája (TMR, kukorica szilázs vagy lucerna szenázs), végül egy mérési címke is megadható, ami a mérést valamilyen szempontból jellemzi az eddig megadottakon kívül. Ez utóbbi kivételével a többi adat egy legördülő listából választható ki. A lista elemeit egy fájlban lehet megadni, ami az alkalmazást indító exe fájlal azonos könyvtárban található. Emel-

lett a méréshez tartozó időbélyeg is mentve lesz a mérési ciklus végén.

3. Ezután következik a mérőtartály fedelének ellenőrzése egy ultrahangos szenzor segítségével. A szenzor a fedél fölött helyezkedik el kb. 15 cm-rel, a szenzor és a fedél távolságát méri folyamatosan, ezt a mért adatot 1 sec frekvenciával publikálja az MQTT csatornán. Ha 10 egymást követő adatból legalább 7 megfelelő távolságadatot mutat, akkor a rendszer úgy dönt, hogy a fedél a helyén van, egyébként figyelmeztetést ad, hogy a kezelőszemélyzet ellenőrizze a fedél megfelelő felhelyezését. Ez a rendszer azt nem tudja ellenőrizni, hogy a fedél rá is van-e szorítva a bajonettzár segítségével, vagy csak a helyén van.

4. Majd elindul a Mérési ciklus vezérlés programszál. A mérési folyamat során az Üzenetmegjelenítő folyamatosan kiírja a mérési ciklus előrehaladását, ezt a mérő személy látja.

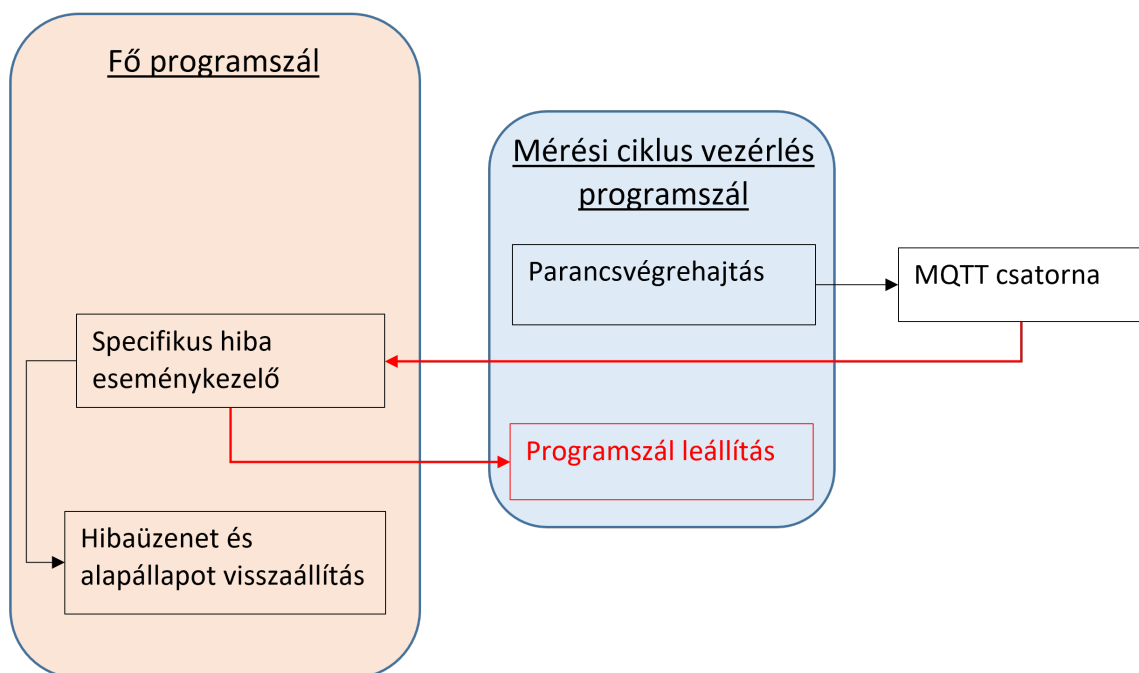
A program futásakor fontos, hogy a grafikus felület felett a vezérlés végig elérhető legyen, a függvények parancs végrehajtás alatt ne fagyjanak le.

Mivel az MQTT blokkolja a kék szálát (Mérési ciklus vezérlés programszál) futása közben, ezért ha valamilyen hiba keletkezik a mikrovezérlő működése közben, attól függően, hogy erről tudja-e értesíteni az MQTT a Mérési ciklus vezérlés programszálát vagy sem, különböző megoldást dolgoztunk ki.

5.2. Hibaesemény kezelési rendszer

A hibaesemény kezelési rendszer célja, hogy a grafikus felület felett a vezérlés végig elérhető legyen, a függvények parancs végrehajtás alatt ne fagyjanak le, akkor sem, ha valamilyen probléma, hiba keletkezik mérés közben a mikrovezérlőben.

Ezt a 9. ábrán összefoglalt Hibaesemény kezelési rendszer olyan módon oldja meg, hogy ha az MQTT-ről jön egy hibajelzés vagy váratlan esemény (pl. a burkolatot kinyitják) következik be, akkor a Specifikus eseménykezelő leállítja a mérési ciklust és az üzenet ablakban hibaüzenetet jelenít meg, valamint visszaállítja az alapállapotot.

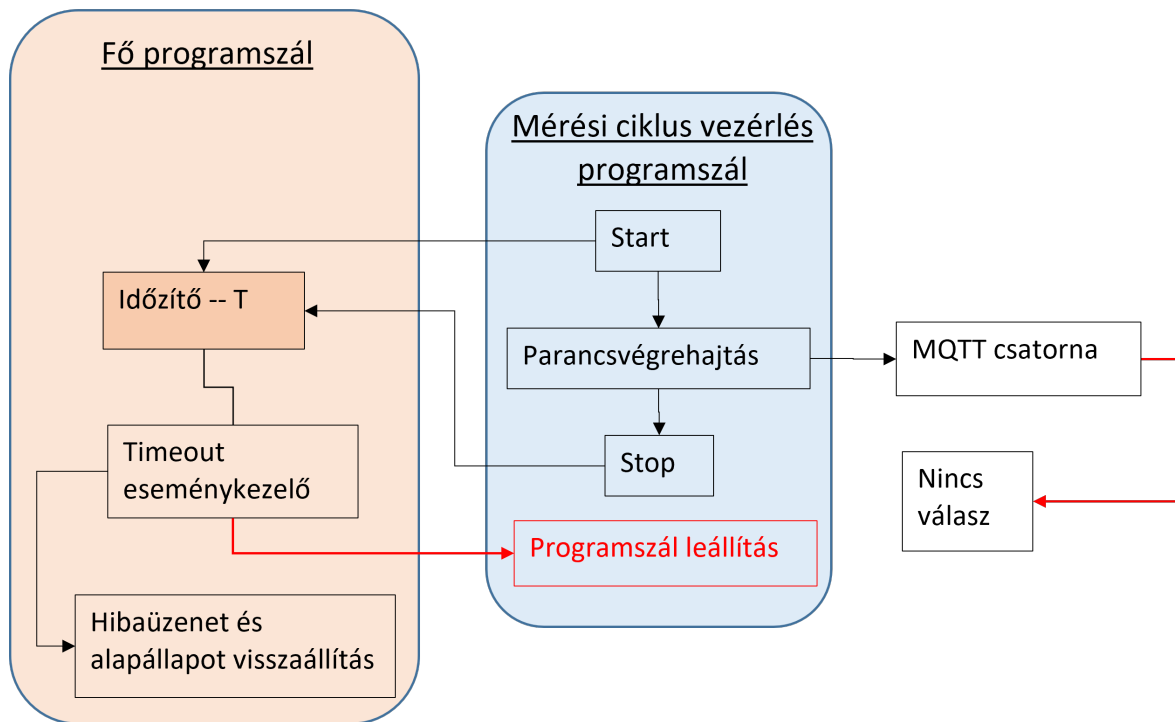


9. ábra. Hibaesemény kezelési rendszer sémája

5.3. Parancs-timeout rendszer

A Parancs-timeout rendszer célja, hogy a grafikus felület felett a vezérlés végig elérhető legyen, akkor is, ha a mikrovezérlő szintjén hiba lép fel, és a megfelelő hibajelzés kiadható legyen.

Ha a mikrovezérlő szintjén hiba lép fel, akkor vagy nem válaszol többé az MQTT csatornán, vagy a válasz értelmetlen lehet a fő-vezérlő szoftver számára. Ezt a problémát küszöböli ki a 10. ábrán összefoglalt Parancs-timeout, mikrovezérlő hibaesemény kezelési rendszer.



10. ábra. Parancs-timeout rendszer. A mikrovezérlő hiba esetére megoldást jelentő működési séma

A Parancs-timeout rendszer futása úgy történik, hogy amikor kimegy az utasítás az MQTT-re, előtte elindítunk egy időzítőt, ami egy idő után lejár. Ha visszajön a válasz, lefut a parancs, és leállítjuk az időzítőt. Ha nem jön válasz, lejár az időzítő, a Timeout eseménykezelő leállítja a Mérési ciklus vezérlés programszálát, majd hibaüzenetet jelenít meg, valamint visszaállítja az alapállapotot. Ilyen módon lehetőség van arra, hogy a mérési ciklus normális menetét blokkoló hibák esetén is biztonságosan leállítható legyen a rendszer. Ez a hibakezelés működik a tesztelések során elő nem forduló, de a terepi használatkor bekövetkező hibák esetén is.

6. Összegzés

A bemutatott munka fejlesztési és tesztelési fázisai során szerzett tapasztalatok azt igazolják, hogy egy olyan általános célú, PC alapú szoftveres fejlesztőeszköz, mint a Visual Studio 2022, alkalmas egy ipari környezetben működő automatizált mérőrendszer ember-gép kapcsolati rétegének kidolgozására. Továbbá, ennek a rétegnek a kidolgozásához más fejlesztőeszköz felhasználására nem volt szükség. Azok az elemek, amelyek a fejlesztőeszköz részéről feltétlenül szükségesek voltak a kidolgozáshoz a következők:

- egy robosztus vezeték nélküli alkalmazáskészlet (API) az MQTT kommunikáció kidolgozásához
- egy http protokoll alkalmazáskészlet a webes adatforgalom kidolgozásához
- soros-port kommunikációs alkalmazáskészlet a NIR műszer illesztőprogramjának kidolgozásához
- egy vizuális megjelenítő és kontroll alkalmazás-készlet a vezérlőfelület kidolgozásához

- megbízható és könnyen kezelhető többszörös programozói alkalmazás-készlet a különféle rétegek párhuzamos futtatására és a robosztus hibakezelő rendszer megvalósítására.

Mindezek az elemek más fejlesztői rendszerekben is elérhetők. Ezek közül a legversenyképesebbek a MatLab, a Java és a Python. A fenti feladat ezekkel a rendszerekkel is kivitelezhető lett volna, de a felsorolt elemeket a legjobban kezelhető és átlátható formában a Visual Studio 2022 nyújtja.

A kivitelezés során felmerültek speciális továbbfejlesztési lehetőségek, amelyek közül a legnagyobb kihívást a takarmányminta kategóriájának becslése a mért értékek alapján egy mesterséges intelligencia modul segítségével, valamint a mérő mechanika megfelelő kezdőállapotának ellenőrzése képfeldolgozás alapú mesterséges intelligenciával. Ezeknek a feladatoknak a megoldásához már jól alkalmazhatóak a Python rendszerben rendelkezésre álló mesterséges intelligencia fejlesztőcsomagok.

Köszönetnyilvánítás

A jelen tanulmányban bemutatott kutatás a Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Program Plusz keretében a GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00144 projekt részeként valósult meg. A projekt forrását az Európai Regionális Fejlesztési Alap és Magyarország költségvetése társfinanszírozásban biztosította.

Hivatkozások

- [1] Metrohm AG 2022-2025. Metrohm NIRS DS2500 Analyzer. 2025. https://www.metrohm.com/hu_hu/products/near-infrared-spectroscopy/ds2500-analyzers.html. Utolsó megtekintés: 2025. 11. 18.
- [2] Nyéki Anikó, Bázár György, Hanyicska Csaba, Tóth Tamás, and Húth Balázs. Iot-eszközök a tejelő tehenek tenyésztésében és takarmányozásában. *Agrárágazat*, 2024/9, 2024.
- [3] Horváthné Kovács Bernadett, Zörög Zoltán, and Bus Bence. Mesterséges intelligencia a precíziós állattartók vezetői döntéseiben: Bízna-e a gazdák az adatokban? *GAZDÁLKODÁS*, 68 (1).:pp. 18–42., 2024. https://doi.org/10.53079/GAZDALKODAS.68.1.t.pp_18-42.
- [4] Pasquini C. Near infrared spectroscopy: A mature analytical technique with new perspectives - a review. *Anal Chim Acta*, 1026:8–36, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2018.04.004>.
- [5] VIAVI Solutions Corp. MicroNIR 1700EC - An ultra-compact, general-purpose spectrometer. 2025. <https://www.viavisolutions.com/en-us/osp/products/micronir-1700ec>. Utolsó megtekintés: 2025. 11. 18.
- [6] Physitek Group. MicroPHAZIR PC | Handheld NIR spectrometer. 2025. <https://www.physitek.fr/en/produit/microphazir-pc-handheld-nir-spectrometer/>. Utolsó megtekintés: 2025. 11. 18.
- [7] Miriam Hernández-Jiménez, Isabel Revilla, Ana M Vivar-Quintana, Justyna Grabska, Krzysztof B Beć, and Christian W Huck. Performance of benchtop and portable spectroscopy equipment for discriminating iberian ham according to breed. *Current Research in Food Science*, 8:100675, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100675>.
- [8] Haibo Huang, Haiyan Yu, Huirong Xu, and Yibin Ying. Near infrared spectroscopy for on/in-line monitoring of quality in foods and beverages: A review. *Journal of Food Engineering*, 87(3):303–313, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.12.022>.
- [9] Zsolt Csaba Johanyák and Attila Pásztor. Iot rendszereket fenyegető támadások. *GRADUS*, 10(1), 2023. <https://doi.org/10.47833/2023.1.CSC.001>.

- [10] Candela Melendreras, Ana Soldado, José M Costa-Fernádcz, Francisco Ferrero, Marta Valledor, and Juan Carlos Campo. Alfalfa evaluation using two miniature near-infrared spectrometer engines. In *2024 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*, pages 1–5. IEEE, 2024. <https://doi.org/10.1109/SAS60918.2024.10636413>.
- [11] Sonia Pereira-Crespo, Adrián Botana, Marcos Veiga, Laura González, César Resch, Valentín García-Souto, María del Pilar Martínez-Diz, Roberto Lorenzana, and Gonzalo Flores-Calvete. Prediction of quality of total mixed ration for dairy cows by near infrared reflectance spectroscopy and empirical equations. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1):69–79, 2022. <https://doi.org/10.1080/09712119.2021.2022488>.
- [12] Radosveta Sokullu, Baran Yusuf Tanriverdi, and Rossitza Goleva. lot based livestock precision feeding system using machine learning. In *2022 8th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineerig (EEAE)*, pages 1–4, 2022. <https://doi.org/10.1109/EEAE53789.2022.9831244>.
- [13] Ana Soladado, Jose Manuel Costa, Candela Melendreras, Patricia Lozano Fernández, Juan Carlos Campo, Marta Valledor, Alberto López, and Francisco Ferrero. A performance comparison of two portable nirs technologies for olive oil adulteration. In *2023 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*, pages 1–6. IEEE, 2023. <https://doi.org/10.1109/SAS58821.2023.10254031>.
- [14] Verena Wiedemair and Christian W. Huck. Evaluation of the performance of three hand-held near-infrared spectrometer through investigation of total antioxidant capacity in gluten-free grains. *Talanta*, 189:233–240, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.06.056>.